

# John Deere 6215R, sobresaliente en el análisis de vibraciones

B. Diezma, C. Valero, A. Moya, P. Barreiro.

LPF\_TAGRALIA.

El 16 de marzo, víspera de un significativo periodo de lluvias primaverales, tuvimos ocasión de volver a la comarca de la Sagra para trabajar con los técnicos de John Deere en la prueba de campo del modelo 6215R. En este ensayo se ha empleado un minichísol de 5,74 m de anchura útil, se ha efectuado un transporte con un remolque cargado con 14.860 kg de cebada y se ha trazado un pequeño recorrido con el apero suspendido, comparando el modo de cambio manual y la gestión automática de la transmisión y comprobando el funcionamiento de la suspensión hidroneumática de la cabina HCS Plus.



**D**esde el pasado mes de noviembre se encuentran disponibles en el mercado tres nuevos modelos de la serie de tractores John Deere 6R (6175R, 6195R y 6215R) con motores de 6,8 l y que cumplen con la fase IV de la normativa de emisiones. En estos motores se combinan los sistemas de fluido de escape diésel (DEF), catalizador de oxidación diésel (DOC), reducción catalítica selectiva (SCR) y la tecnología de filtro de partículas diésel (DPF).

En concreto, el modelo 6215R, protagonista de esta prueba de campo, monta

un motor con doble turbo que persigue optimizar la entrada de aire en la cámara de combustión, y con gestión inteligente de potencia, que puede aportar un incremento de potencia de 40 CV para aplicaciones de transporte y de la toma de fuerza. En lo que a la transmisión refiere, la unidad ensayada incorpora la opción AutoPowr de variación continua.

Se comprueba el fácil acceso a los puntos de mantenimiento básicos, lo que unido a la prolongación de los intervalos de cambio del filtro de aceite, el filtro de combustible y el aceite del motor de 500 a 750



El tractor ensayado monta un motor con gestión inteligente de potencia, transmisión continua AutoPowr y suspensión hidroneumática de la cabina.

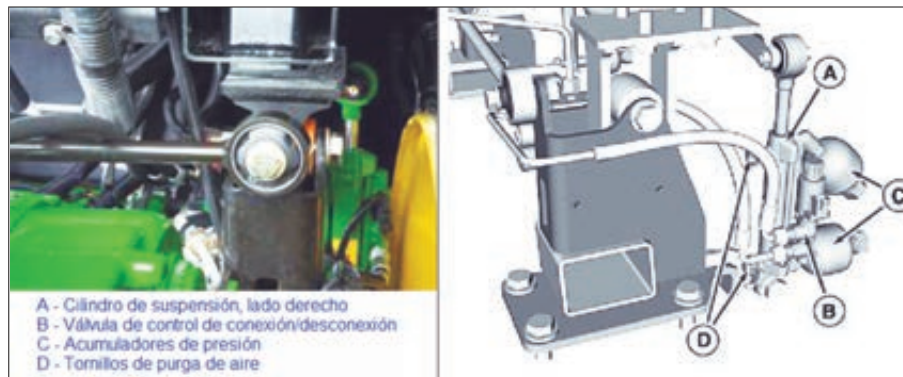
horas, puede contribuir al control de los costes y tiempos de mantenimiento.

En este 6215R nos encontramos la opción de la suspensión hidroneumática de cabina HCS Plus, que junto con la suspensión del eje delantero TLS Plus, pretende mejorar la comodidad del operador, lo que es especialmente importante en una gama que puede alcanzar los 50 km/h en transporte. La suspensión hidroneumática de cabina (**figura 1**) se controla mediante dos émbolos hidráulicos que suministran aceite a dos acumuladores cargados de nitrógeno. La compresibilidad del gas permite al elemento de suspensión un desplazamiento de 50 mm hacia arriba y 50 hacia abajo. La suspensión HCS Plus es adaptable por el operario y utiliza sensores para detectar la aceleración y la desaceleración del tractor y ajustar en consecuencia el flujo de aceite en el pistón del amortiguador.

En el **cuadro I** se muestran las especificaciones técnicas del tractor ensayado.

Antes de la prueba se observaron diferencias en el patrón de temperaturas de los neumáticos delanteros por lo que se revisaron y ajustaron sus presiones, el neumático delantero derecho se mantuvo en 1,2

**FIGURA 1.** Sistema de suspensión hidroneumática de la cabina HCS Plus.



bar mientras que el derecho se ajustó desde 1,4 bar a 1,2 bar, aspecto que explica el diferente patrón de temperatura. Los neumáticos traseros se mantuvieron a 1,3 bar. También se aumentó el ancho de vía trasero que se encontraba en una posición adecuada a labores de transporte.

## Parámetros registrados

Para el análisis del trabajo del tractor JD6R se han realizado tres tipos de deter-

minaciones: georreferenciación con DGPS, registro de datos de la TECU (sólo a lo largo de las besanas) y análisis de vibraciones mediante acelerómetros uniaxiales y triaxiales, estratégicamente colocados en el tractor, aunque, como veremos posteriormente, algunos puntos podrían haberse elegido más acertadamente.

El **cuadro II** resume los parámetros de la TECU seleccionados entre 123 variables pre-establecidas en el registro. De ellos, catorce corresponden al motor, cuatro a las transmisiones, uno a la toma de fuerza,

## CUADRO I.

### Especificaciones técnicas del tractor John Deere 6215R.

<b>Motor</b>	
Tipo	PowerTech PSS (John Deere Power Systems)
Potencia nominal (97/68EC), CV (kW)	215 (158,1)
(ECE-R24), CV	201
Potencia máxima (97/68EC), CV (kW)	237 (174)
(ECE-R24), CV	224
Potencia nominal con IPM (97/68/CE), CV (kW)	255 (188)
(ECE-R24), CV	239
Potencia máxima con IPM (97/68/CE), CV (kW)	259 (190)
(ECE-R24), CV	244
Nº cilindros / Cilindrada (l)	6 / 6,8
Régimen nominal (r/min)	2.100
Control inteligente de potencia (GIP), CV	
Reserva de par (%)	40
Gama de potencia constante (r/min)	630
Par máximo (Nm) a 1.600 r/min	1.004
Tratamiento de los gases de escape	Filtro de partículas diesel con catalizador de oxidación diesel (DOC); reducción catalítica selectiva (SCR), DEF
Aspiración	2 turbocompresores: 1 de geometría variable y 1 de geometría fija
Sistema de inyección y control	Common Rail de alta presión con presiones de inyección de hasta 2.500 bar
<b>Transmisión</b>	
Tipo transmisión	AutoPowr, 0,05 - 40 km/h
Régimen motor a régimen nominal de TDF trasera (540/540E/1000)	1.950/1.721/1.950
<b>Enganche tripuntal trasero</b>	
Capacidad de elevación máxima en los ganchos (kg)	9.550
Capacidad de elevación en el rango completo de elevación (OECD 610 mm) (kg)	5.440 kg
<b>Ejes</b>	
Diseño de suspensión	Eje de TDM con suspensión multipunto (TLS Plus) hidroneumática, activa permanentemente, con tres puntos de articulación y autonivelación
Recorrido de suspensión (mm)	100
<b>Dimensiones y pesos</b>	
Distancia entre ejes (mm)	2.800
Anchura x altura x longitud (mm)	2.550 x 3.160 x 5.050
Altura libre (mm)	560
Radio de giro (m)	
(según norma ISO789-3 con neumáticos 600/65R30 con ancho de vía de 2.050 mm y 1,6 bar de presión a nivel de suelo)	5,62
Peso de embarque (kg)	8.500
<b>Neumáticos</b>	
Tamaño de neumáticos delanteros, máx. disponible (diámetro en cm)	600/70R28(158)
Tamaño de neumáticos traseros, máx. disponible (diámetro en cm)	710/70R42(205)
<b>Cabina</b>	
Suspensión	Suspensión de cabina hidráulica opcional y adaptable HCS Plus
Superficie acristalada (m²)	6,11
Volumen (m³)	3,33

tres al SCR (sistema de inyección de urea), cuatro a la suspensión (de cabina y del eje delantero), uno al hidráulico, y dos al control de tareas (posición del enganche y fuerza de tiro).

Durante la prueba se acoplaron acelerómetros en diferentes puntos del tractor a fin de registrar la historia de las aceleraciones que se producen durante varias circunstancias de transporte. La colocación



Ubicación de los acelerómetros durante los ensayos en transporte y laboreo. De arriba a abajo el acelerómetro triaxial ubicado en el suelo de la cabina, acelerómetros uniaxiales sobre el chasis del tractor, y acelerómetros uniaxiales sobre el apero.

estratégica de estos sensores permite la cuantificación de las vibraciones a las que se ve sometido el operador durante el desarrollo de las tareas agrícolas.

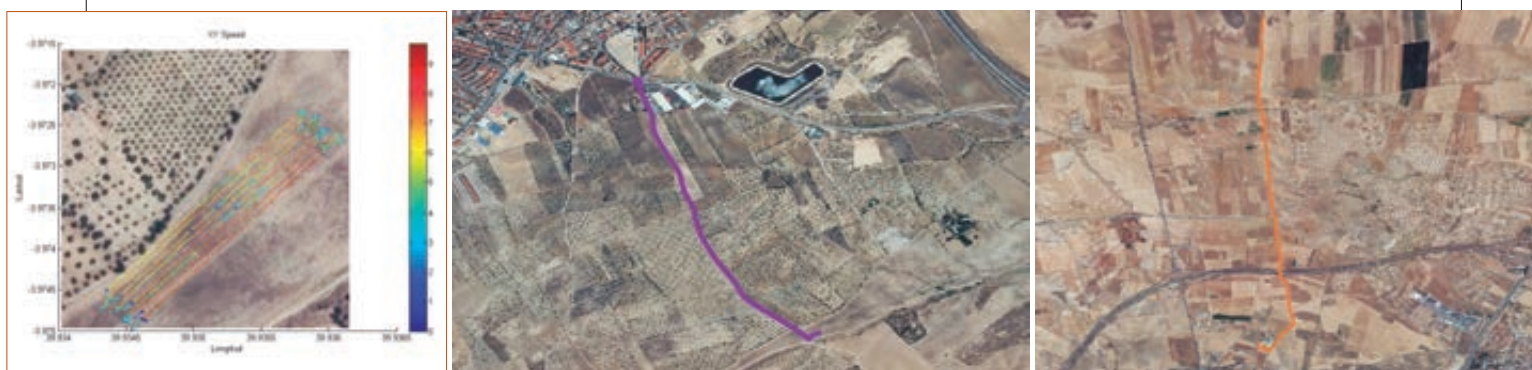
## Ensayos realizados

En esta ocasión se han realizado tres tipos de ensayos (**figura 2**): labranza con chisel (Ovlac 25 brazos, 5,74 m ancho útil), transporte de apero, y transporte con remolque. En el primero se evaluó fundamentalmente el efecto del modo de conducción (manual o automático); en el se-

(Continúa en pág. 22)



**FIGURA 2.** Georreferenciación de los ensayos realizados: arada, transporte apero suspendido, transporte remolque.

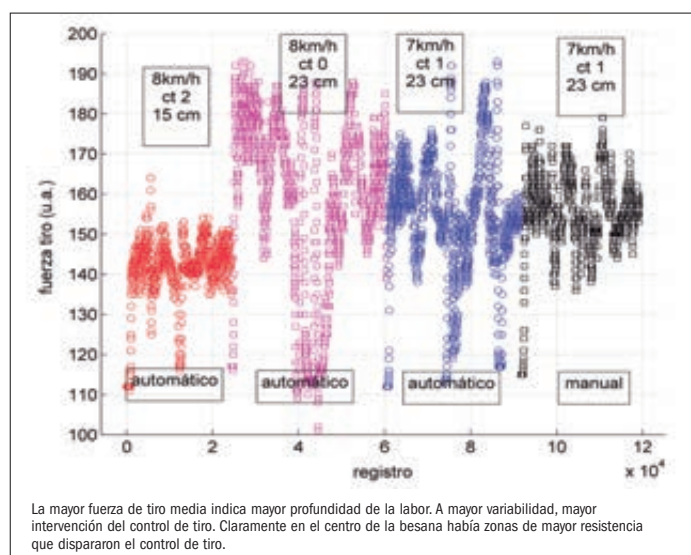


**CUADRO II.**

## Parámetros registrados con la TECU.

Motor		
9	Índice de consumo de DEF	l/h
15	Carga del motor	%
16	Velocidad del motor	rev/min
17	Presión de riel de combustible - Real	MPa
22	Manifold Air Pressure - Actual (Gauge)	kPa
24	Presión de aire del colector - Real	kPa
30	Velocidad del turbocompresor	kRPM
33	Posición de paletas del turbocompresor (VGT)	%
45	Temperatura del agua del motor	°C
46	T. Colector de admisión del motor	°C
47	T. Combustible	°C
48	T. Aire en el colector	°C
49	T. Aire de sobrealimentación a la salida del enfriador	°C
50	Horas de uso	h
Transmisión		
51	Sensor de velocidad de las ruedas	escalar
52	Sensor de velocidad de salida de la transmisión	escalar
53	Temperatura de aceite de la transmisión	°C
82	Velocidad del vehículo (radar)	escalar
DPF		
11	NOx salida	ppm
SCR		
27	Eficiencia de conversión de SCR	%
29	SCR Nox salida	ppm
Suspensión		
39	Electroválvula de elevación de suspensión de cabina	mA
40	Electroválvula de descenso de suspensión de cabina	mA
57	Sensor de posición del eje delantero suspendido	Voltios
58	Sensor de presión de aceite del eje delantero suspendido	Voltios
Hidráulico		
54	Temperatura del aceite hidráulico	°C
TDF		
55	Velocidad de la TDF	r/min
Tareas		
91	Posición del enganche	escalar
92	Fuerza de tiro	escalar

**FIGURA 3.** Registro de la fuerza de tiro (unidades arbitrarias) en el tractor.



gundo, el efecto del transporte del apero en modo suspendido del tercer punto (para atenuar vibraciones) o en modo rígido; y en el tercer ensayo, de nuevo se evaluó el modo de conducción, esta vez en operaciones de muy distinto calado como el transporte de grandes cargas (29.260 kg tractor, remolque y carga).

Además en los dos transportes se consideró la regulación del sistema de suspensión de cabina.

Para establecer en arada las mejores condiciones de ensayo, se comenzó con 2 pasadas a 15 cm de profundidad y 8 km/h de velocidad de avance, con un umbral de tiro en posición 2. Para establecer condiciones de tiro más restrictivas, se decidió incrementar la profundidad (23 cm) con un umbral de tiro en 0. En esta ocasión fue evidente que la labor no se estaba realizando con suficiente homogeneidad debido a una sobreactuación del control de tiro (**figura 3**). Por ello, se descartó esta opción en la

### CUADRO III.

#### Parámetros de trabajo en arada.

		V. teórica (km/h)	V. real gps (km/h)	C.V. (%) velocidad	N	St (ha/h)	Consumo (l/ha)
auto	ct2	8	7,69	4,1	100	4,41	-
auto	ct2	8	7,65	4,5	100	4,39	7,20
auto	ct1	7	6,20	12,8	119	3,56	9,45
auto	ct1	7	5,37	30,3	150	3,08	9,49
man	ct1	7	6,29	11,2	131	3,61	15,88
man	ct1	7	6,07	15,3	135	3,48	16,58

Los colores rojo, azul y negro se corresponden con los de la **figura 3**.

### CUADRO IV.

#### Parámetros típicos de motor registrados en la labor de arada.

		Régimen (rev*min <sup>-1</sup> )	Carga (%)	Presión CR (bar)	Fuerza tiro (u.a.)	Posición enganche	Eficiencia SCR (%)
auto	ct2	1.400	61,93	1.407	139,3	61,6	-
auto	ct2	1.522	68,90	1.655	142,9	57,0	75,83
auto	ct1	1.649	75,27	1.878	156,2	54,6	92,62
auto	ct1	1.558	71,61	1.692	151,9	55,9	99,11
man	ct1	2.119	87,99	2.403	155,2	46,7	99
man	ct1	2.124	94,05	2.464	155,4	45,6	99,94

Los colores rojo, azul y negro se corresponden con los de la **figura 3**.

comparación de consumos (escasa calidad de labor) y se decidió realizar dos modalidades adicionales (cuatro pasadas) a 7 km/h y umbral de tiro en 1 (modo de control automático y manual). Por tanto, en total se

realizaron ocho pasadas con una besana superior a 200 m, aunque a efectos de comparación sólo se emplearán seis.

La posibilidad de comparar en arada el registro de la fuerza de tiro, aunque sea en unidades arbitrarias, resulta muy interesante. Destaca el cambio de profundidad media (de 15 a 24,5 cm) como se deduce

de la fuerza de tiro media (de 140 a 160 u.a.). Además, en modo automático puede dispararse antes el control de tiro que en modo manual. Este hecho se discutirá posteriormente a la luz de las estrategias de control.

En los ensayos de transporte (con apero suspendido y con remolque), se ubicó un acelerómetro triaxial en el suelo de la cabina, delante del asiento. Adicionalmente un juego de tres acelerómetros uniaxiales se adhirieron: a) al chasis del tractor durante el transporte del remolque para registrar las aceleraciones transversales, longitudinales y verticales que se producen en la estructura del tractor; b) a la superficie del apero en una posición próxima al enganche tripuntal.

En el ensayo con apero suspendido, se reprodujeron idénticos recorridos con la regulación del sistema de suspensión en cabina en las posiciones extremas: de mínima rigidez, que es el modo recomendado para transporte por el fabricante y que se combinó con el modo de gestión de la transmisión automático; y de máxima rigidez, combinado con conducción manual.

## Ensayo de arada

El **cuadro III** resume las condiciones de ensayo en arada. Podemos comprobar la diferencia entre la velocidad de trabajo teórica (8 ó 7 km/h) y real (incluye el resbalamiento), diferencia que se sitúa entre 0,5 y 1 km/h, así como valorar el efecto sobre la reducción de la capacidad de trabajo teórica St, (ha/h). La diferencia de consumo entre el modo automático y manual es notoria (alrededor de un 42%).

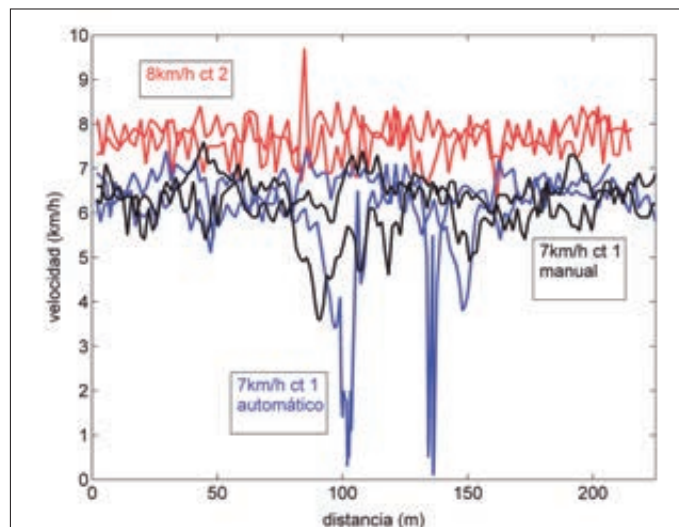
El **cuadro IV** analiza los parámetros típicos de motor con el fin de dilucidar las causas de la reducción de consumo y el análisis de la velocidad real de trabajo mostrado en la **figura 4**. Destaca la enorme diferencia en régimen y carga del motor en modo automático (menos de 1.600 rev min<sup>-1</sup> e inferior a 75% de carga), res-



Detalle de la suspensión de la cabina (izda) y del eje delantero (drcha).

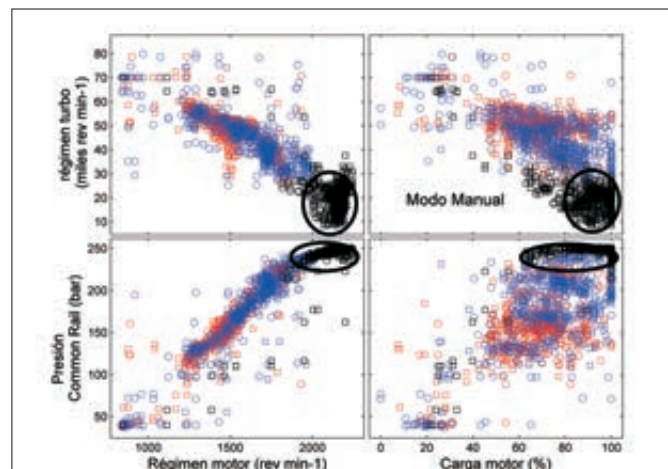


**FIGURA 4.** Velocidad instantánea de trabajo según registro del DGPS.



La presencia de zonas del terreno especialmente resistentes a la labor queda patente.

**FIGURA 5.** Datos instantáneos del motor: régimen (rev min<sup>-1</sup>), carga (%), presión del common rail (bar) y régimen del turbo (miles de rev min<sup>-1</sup>).



Los colores rojo, azul y negro se corresponden con los de la figura 3. El color negro se refiere al modo manual.

pecto al manual (más de 2.100 rev min<sup>-1</sup> y 90% de carga). También destaca la mayor eficiencia del SCR a mayor carga del motor, aspecto que se comprende fácilmente si consideramos que el valor de partida de NOx es muy superior cuando la labor demanda gran potencia. El hecho de que el control del motor se mantenga en niveles de régimen y carga a la baja, facilita que en determinados momentos el control de tiro entre en funcionamiento a instancia de una caída en la velocidad real de avance (figura 4).

La figura 5 muestra los datos instantáneos de régimen (rev min<sup>-1</sup>), carga (%), presión del common rail (bar) y régimen del

## CUADRO V.

Parámetros de motor en el ensayo de transporte con apero suspendido.

	Carga (%)	régimen (rev*min <sup>-1</sup> )	P C-Rail (bar)	Velocidad (km/h)	Distancia (km)	Variación Esfuerzo (u.a)	Ptos >61°C hidráulico
sin_supen.	31,2	1.379	1.071	17,27	2.681	18,7	4.131
con_supen.	30,4	1.384	1.075	18,35	2.655	29,7	12.413
Mejora (%) 6,24						Estos datos reflejan el esfuerzo del tripulante para la amortiguación de vibraciones	

turbo (miles de rev min<sup>-1</sup>). Las diferencias de estrategias de conducción son evidentes. En modo manual se tiende a regímenes excesivos y sobrecarga del motor, es

decir, en modo manual se ha trabajado al máximo de la potencia del tractor aspecto muy poco recomendado en aras de un consumo de combustible moderado.

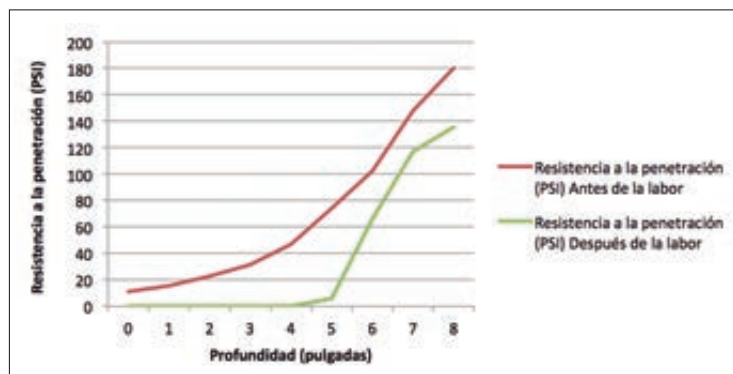


Vista del capó: detalle del filtro de partículas (izquierda), radiadores (centro) y doble turbo (derecha).

(Continúa en pág. 26)



**FIGURA 6.** Efecto del laboreo en términos de resistencia a la penetración antes y después de la labor.



La **figura 6** muestra el efecto del laboreo en términos de resistencia a la penetración antes y después de la labor (media de nueve repeticiones). Se verifica que la profundidad media de trabajo se situó entre 5,9 (15 cm) y 9,6 pulgadas (24,5 cm).

## Ensayo de transporte del apero en modo suspendido

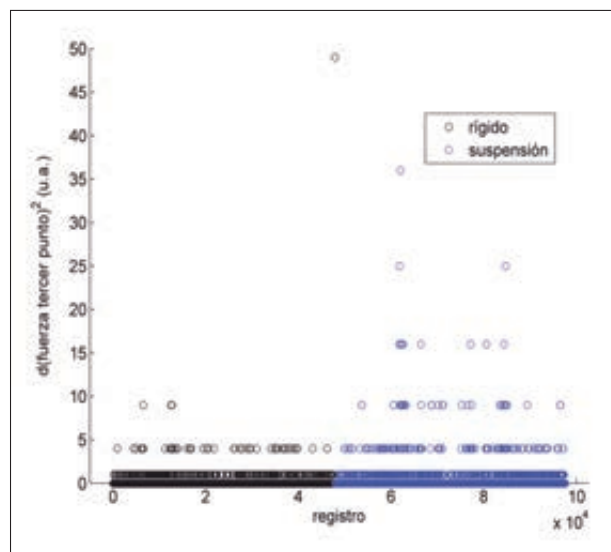
El **cuadro V** muestra los parámetros de motor en el ensayo de transporte con apero suspendido que permanecen muy similares en carga y régimen de motor en el modo automático y manual. Destaca un incremento en velocidad real (según DGPS) del 6,2% en el modo automático respecto al

manual, debido a la mayor comodidad de conducción. Cabe destacar que la amortiguación en el tercer punto suspendido se verifica en una mayor variabilidad del esfuerzo en el control de tiro (**figura 7**), así como en un incremento de la temperatura del hidráulico que soporta la amortiguación.

## Evaluación del sistema de suspensión en cabina

En las **figuras 8 y 9** se muestran los resultados correspondientes al registro de vibraciones en el transporte con el apero

**FIGURA 7.** Variación de la fuerza cuadrática en el tercer punto que indica el esfuerzo de amortiguación que está siendo llevado a cabo en el modo con suspensión respecto al modo rígido.

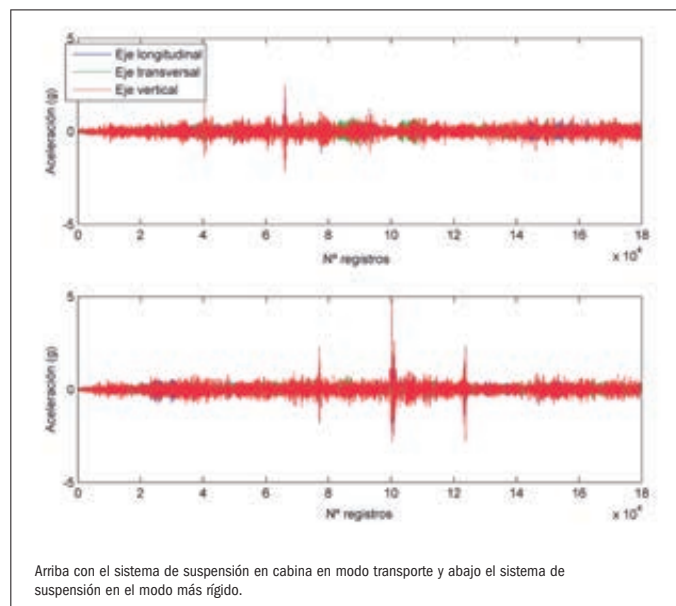


suspendido. En el primer gráfico se observa que la intensidad máxima de las aceleraciones registradas es superior en el recorrido en el que el sistema de suspensión de cabina se regula en el modo rígido (hasta 5 g –ms<sup>-2</sup>). El histograma de las aceleraciones pone de manifiesto que la regulación óptima del sistema de suspensión no sólo elimina los impactos extremos, sino que también atenúa las vibraciones de nivel intermedio en todas las direc-

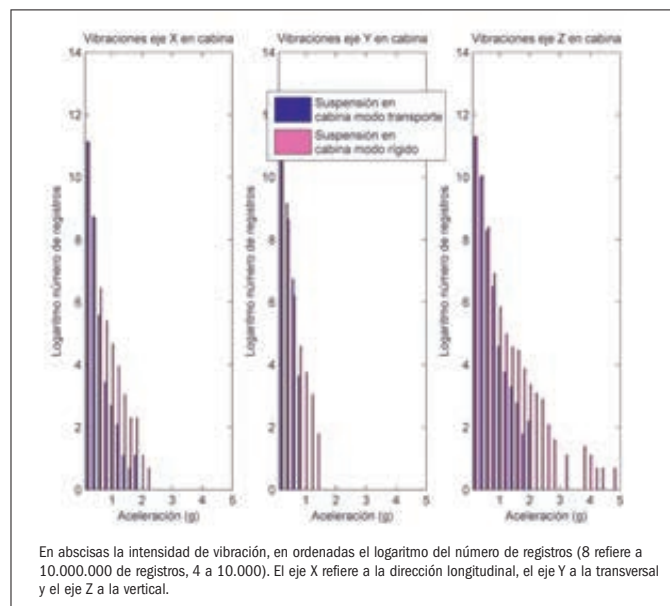


**Izquierda.** Ajuste del ancho de vía trasero para labores de campo. **Derecha.** Monitor CommandCenter de Generación 4.

**FIGURA 8.** Registro de las aceleraciones en cabina durante el transporte del apero.



**FIGURA 9.** Comparación de los histogramas de vibración en el transporte con el apero.



ciones y especialmente en el plano vertical. Hay que señalar que los registros de los acelerómetros ubicados en el apero mostraron similares niveles de aceleración en los dos recorridos.

Las **figuras 10 y 11** corresponden al transporte con remolque. En este trayecto se salvaron desniveles acusados en algunos tramos, lo que se percibe especialmente en el eje longitudinal durante el transporte con la suspensión en cabina en

modo rígido, en el que se registraron valores de más de 40 g (en el gráfico se limita la escala para apreciar mejor los registros de menores valores de aceleración). En la **figura 11** se presentan los histogramas de los registros de aceleración en la dirección longitudinal; claramente se deduce que el sistema de suspensión ajustado para trabajar en modo transporte reduce significativamente las vibraciones longitudinales, relacionadas con el cabeceo de la cabina.

## Ensayo de transporte con remolque

El **cuadro VI** recoge los datos más relevantes de motor, y consumo de combustible asociado, en el ensayo de transporte con 29.260 kg de carga total. Destaca en modo automático una reducción del consumo del 8%, y una ligera mejora de la velocidad real (1,36%). El modo manual nuevamente muestra un ligero incremento en el

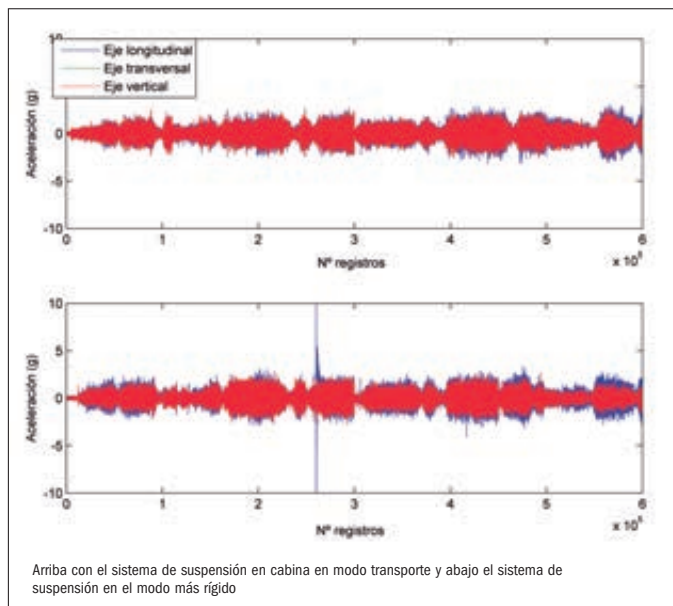


Durante la prueba de labranza con chisel se evaluó fundamentalmente el efecto del modo de conducción (manual o automático).

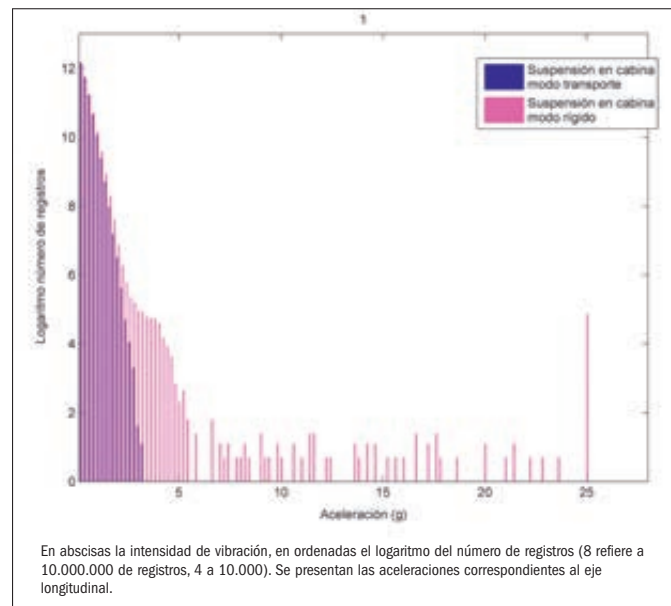




**FIGURA 10.** Registro de las aceleraciones en cabina durante el transporte del remolque.



**FIGURA 11.** Comparación de los histogramas de vibración en el transporte del remolque.



## CUADRO VI.

Datos más relevantes de motor, y consumo de combustible asociado, en el ensayo de transporte con 29.260 kg de carga total.

	Carga (%)	Régimen (rev*min <sup>-1</sup> )	P C-Rail (bar)	Consumo (l/h)	Velocidad (km/h)	Consumo (l/km)	Distancia (km)
Manual	45,20	1.484	1.239	17,81	17,76	1,00	8,10
Auto	42,16	1.443	1.187	16,56	18,01	0,92	8,21
					Mejora (%) 1,36	Reducción (%) -8,28	



Prueba de transporte con el apero suspendido.

nivel de carga (3%) y sobre todo de presión del common rail (52 bar). Los valores absolutos de consumo son claros, en modo automático bajamos de la frontera de 1 l/km recorrido en transportes de gran tonelaje.

## A modo de conclusión

El tractor John Deere 6R es un animal de tiro que ha sido entrenado para obtener las mejores prestaciones cuando trabaja en modo automático de gestión del motor. Hemos constatado una reducción del consumo del 40% en arada y del 8% en transporte en modo automático de gestión del motor respecto al manual.

Estas mejoras no se realizan a coste 0, puesto que la gestión automática juega con la gestión de tiro, de manera que si encontramos una zona de mayor resistencia el tractor puede reducir instantáneamente la velocidad (no se agobie, el tractor sale).

Este hecho que es de carácter aislado provoca sin embargo una gran mejora en el consumo, de hasta el 40% como hemos indicado. ¿Cómo? A base de reducir el régi-



La prueba de transporte se realizó con un remolque cargado con 14.860 kg de cebada.

men ( $\text{rev min}^{-1}$ ) y la carga (%). Esta estrategia en los países anglosajones se denomina GUTD (marcha larga y baja aceleración, según sus siglas en inglés) y es posible realizarla también en modo manual aunque necesita un entrenamiento específico de los operadores (sobre todo para no sobrecargar el motor).

Aspectos sencillos como el empleo de la suspensión al tercer punto durante el transporte con aperos suspendidos de gran peso (en torno a 2.000 kg) supone una mejora tangible en la comodidad de conducción, que se ratifica en un incremento de velocidad real media del 6,2%. Del mismo modo, la adecuada regulación del sistema de suspensión de cabina redundará en un notable incremento del confort y la seguridad del operador al controlar las vibraciones y movimientos de cabeceo en cabina.

También en el transporte de gran tonelaje encontramos una ventaja relativa del modo de conducción automático respecto al manual, con una reducción del 8,3% en consumo y un incremento del 1,4% en velocidad real media.

La conclusión es clara: disponer de una herramienta de gestión automática favorece sacar el máximo aprovechamiento del tractor con menor dependencia de la formación del operador. ■



# FERIA Internacional Forestal

**Monte Armayán**

**TINEO**

Principado de Asturias  
ESPAÑA

INTERNATIONAL FORESTRY SHOW  
FOIRE INTERNATIONALES FORESTIÈRE  
INTERNATIONAL FORSTMESSE  
FERIA INTERNACIONAL FORESTAL



**10ª EDICIÓN**  
**18 | 19 | 20**  
**JUNIO 2015**

# FORESTA




# ASTURFORESTA





**ASTURFORESTA**

Centro de Promoción Empresarial. · Polígono Industrial de La Curiscada.  
33877 TINEO. PRINCIPADO DE ASTURIAS. ESPAÑA.  
Tfno.: +34 98 580 19 76 · Fax: +34 98 580 16 94  
e-mail: [asturforesta@asturforesta.com](mailto:asturforesta@asturforesta.com)  
[www.asturforesta.com](http://www.asturforesta.com)

Member of: 

[www.elmia.se/en/forestryfairs/](http://www.elmia.se/en/forestryfairs/)





























